

油污染對綠色港口發展之影響－ 以臺中港 2018 年不明油污染事件為例

邱啓敏¹ 莊士賢² 黃清哲²

¹國立成功大學近海水文中心計畫專員

²國立成功大學海洋科技事務研究所副教授

³國立成功大學水利及海洋工程學系教授暨近海水文中心主任

摘要

臺中港位於臺灣西部海岸的中間，具備地理位置之優勢，近年來發展蓬勃，除客貨運量增加，也配合離岸風電政策，打造離岸風電及綠能產業基地。另外，臺中港不僅是傳統工業港，還兼具商務、觀光等功能，近年來也積極推動成為綠色港口。船舶航運量增加就有可能因補給油料或碰撞造成溢洩油的風險，如在臺中港發生溢洩油事件，有可能對高美濕地保護區造成某種程度的衝擊。有鑒於此，本文應用美國 VIMS 發展的 SCHISM 模式預測海流，結合美國 NOAA 油污擴散模式 GNOME，以 2018 年 10 月 19 日在臺中港發生的不明溢洩油事件，模擬發生溢洩油後油污飄移及擴散的結果，並顯示在 Google Earth 地圖上探討油污染擴散及漂移軌跡對臺中港海域的影響，以提供未來臺中港油污緊急應變之參考。

關鍵詞：SCHISM, GNOME、油污擴散模擬、Google Earth 地圖

Oil spill impact on green port development - an unidentified oil spill in 2018 at Port of Taichung

Chi-Min Chiu* Laurence Z.H. Chuang Ching-Jer Huang

* Project specialist, Coastal Ocean Monitoring Center, National Cheng Kung University

ABSTRACT

Port of Taichung is located in the middle of the western coast of Taiwan and has a geographical advantage. In recent years, in line with offshore wind policy, Port of Taichung have been developed as a base for offshore wind and green energy industries. In addition, the green port is actively promoting for increasing the visibility in the world. The growth of demand and supply in container transport volume also increases the risk of oil spills. After oil is spilled, oil weathering can have a significant impact on the Gaomei Wetland Reserve. Therefore, the hydrodynamic model of the SCHISM and oil spill model of the GNOME were used in this study to simulate the oil spill diffusion for an unidentified oil spill event on October 19, 2018 at Port of Taichung. The simulation results of oil spill trajectory and diffusion can be displayed on Google Earth map to investigate its affection around Port of Taichung. The simulation can also provide as a reference for oil spills emergency response.

Keywords: SCHISM, GNOME, Oil Spill Simulation, Google Earth map

一、前言

臺中港為一國際商港，政府為強化其優勢競爭能力，於 92 年 7 月公佈「自由貿易港區設置管理條例」，整合物流、商流、資訊流、金流，創造臺灣與世界接軌的環境(臺中港務分公司網頁)。同時，為配合行政院推動離岸風電政策，規劃以臺中港作為離岸風電產業園區及作業基地。由此可見，臺中港未來是一個非常忙碌的港口，而頻繁的船舶運輸與裝卸補給油料皆有可能造成溢洩油的風險，尤其臺中港北邊緊鄰著高美濕地保護區，如發生溢洩油事件將有可能會衝擊到高美濕地的生態。再者，世界各國對綠色港(green-ports)及生態港(eco-ports)非常的重視，可作為未來領導世界航運之評估要素，因此邱等人(2011)自 2011 年即積極推動臺灣綠色港埠之發展，臺中港也於 2015 年通過歐洲生態港認證，並持續朝建構綠色港口為目標。

另外，依據我國海洋污染防治法第 11 條：「各類港口管理機關應依本法及其他相關規定採取措施，以防止、排除或減輕所轄港區之污染。」據此，各類港口管理機關仍應對其所轄區域內之油污染，建立必要的監控與處理能力，以避免污染擴散至轄區範圍以外區域。

近十年來油污染擴散數值模式發展已非常成熟，同時結合三維高解析度的海洋流體動力數值模式預測之海流，透過模擬可得知油污染在海面上擴散的影響範圍，依據此結果亦能建立更佳海洋油污染緊急應變處置的能力，以及將油污染應變能量做最佳的配置。有鑑於此，本文採用美國 VIMS (Virginia Institute of Marine Science) 發展的 SCHISM(Semi-implicit Cross-scale Hydroscience Integrated System Model) 三維跨尺度海洋數值模式與 NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) 的 GNOME(General NOAA Operational Modeling Environment) 油污染擴散模式，以 2018 年 10 月 19 日於臺中港北 2 至北 3 碼頭間海域發生的不明油污事件做為研究案例，模擬油污染在臺中港區內漂移軌跡與擴散範圍的情況。據此結果可研擬提供臺中港溢洩油緊急應變的作業方

針，以提昇臺中港應變油污染災害的管控能力，可強化港口成為綠色港口的條件。

二、研究方法

本文在海洋流體動力數值模式採用美國 VIMS 發展的 SCHISM 三維跨尺度海洋數值模式(圖 1)，理論與控制方程式請參考 SCHISM v5.6 Manual (2018)。SCHISM 模式水平網格座標系統可結合非矩形與矩形網格，因應不同計算需求能選用卡式或球面座標系統；垂直網格可採用 SZ 及 LSC²的座標系統，其中陡變地形是許多海洋數值模式一項重要的挑戰，地形陡變會造成壓力梯度變化劇烈，在海洋數值模式計算中會產生偽流 (spurious flow) 的問題 (Zhang et al., 2015)，而 LSC² 座標系統即針對水域中地形陡變之變化而發展一個新的數值方法，可有效避免因地形陡變產生偽流的計算誤差。SCHISM 已成功應用在全世界超過 40 個以上水深地形變化複雜的海岸、潮間帶、河川、以及湖泊等地方，可快速及精確的求解海洋流體動力與物理現象之變化。

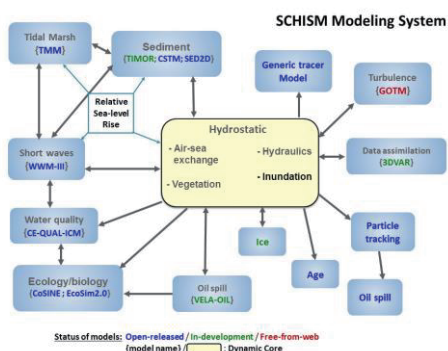


圖 1 SCHISM 三維跨尺度海洋數值模式系統 (摘自: <http://ccrm.vims.edu/schismweb/>)

另外，油污染擴散數值模式則採用美國 NOAA 的油污染擴散模式 GNOME，GNOME 是一套 Eulerian/Lagrangian 的溢油軌跡模式(Beegle-Krause, 2001)，是 NOAA 架構下有害物質緊急應變組 (Hazardous Materials Response Division, HAZMAT) 所發展的油污擴散模式。若美國於海上發生油污事件時，美國 NOAA 則應用 GNOME 模擬海面上油污擴散及漂移軌跡，提供政府在油污事件緊急應變處理之重要參考依據。

有鑑於此,本文結合 SCHISM 與 GNOME 模式,先應用 SCHISM 模式預測在近岸地區高解析度海流流場變化趨勢,再輸入至 GNOME 模式,進行模擬臺中港 2018 年 10 月 19 日發生的不明油污染事件,進一步探討油污染擴散影響的範圍。

三、情境模擬溢洩油事件

臺中港 2 號至 3 號碼頭間海域於 2018 年 10 月 19 日早上約 9:30 有民眾發現黑色油污,臺中港務公司接獲通報並請臺中市環保局支援,先以攔油索阻絕擴散,並以吸油棉吸取海面上的油污。依據收集電子媒體報導的相關資訊顯示,下午油污染擴散至西 1 至西 6 碼頭,在傍晚左右已控制並遏止油污染的擴散。本文依據上述資訊,應用 SCHISM 預測之流場,結合臺中港北堤燈塔風觀測站(如圖 2 中標示港研中心風測站之位置)紀錄之風速風向資料,輸入至 GNOME 模式,進行溢油擴散及漂移軌跡的模擬,並將模擬結果套繪於 Google Earth 地圖上,以提供相關應變單位使用不同作業平台查閱模擬出的動態情資,作為緊急應變處置及能量配置之重要參考依據。

影響海表面油污飄移方向的驅動力主要為風與海流,尤其是在季節風盛行時,風可能是主導油污飄移方向的主要驅動力。因此,各季節發生溢油事件時,溢油擴散影響範圍會不一樣(邱等人, 2019)。依據臺中港北堤風測站於 2018 年 10 月實測風速與風向統計資料(如圖 3)顯示,10 月 19 日風速皆大於 10.0 m/sec,而風向的定義是指風的來向,正北為 0 度(北風風向),依順時針方向增加,90 度為東風,180 度為南風,270 度為西風,而 10 月也進入秋季並開始吹拂東北季風,由圖 3 資料顯示風向以東北風(介於 30 至 45 度間)為主,在風速大於 10.0 m/sec 情況下(Chiu et al., 2018),油污染擴散受到東北季風的影響會較顯著。

2018 年 10 月臺中港不明溢洩油事件情境模擬參數設定如表 1,模擬參數中溢洩油位置為北緯 24° 17' 12.6" 及東經 120° 31' 33.2" (如圖 2 中標示之溢洩油位置),在北 2 至北 3 碼頭間;初始溢洩時間由收集相關資訊設定為:2018 年 10 月 19 日 08:30;總溢油量假設為 30 公秉,溢洩油品設定為燃料油;油污溢洩方式為持續溢洩 1 小時;模擬時間為 12 小

時。風場依據臺中港北堤風測站量測紀錄的逐時風速風向資料,流場則採用 SCHISM 模式所預測之臺中港海域海流為主要來源。

依據表 1 之模擬參數,本文應用 GNOME 模式模擬油污染在臺中港海域漂移軌跡與擴散範圍的情況,可提供未來臺中港若在油染事件發生時,進行緊急應變之參考。



圖 2 臺中港港區溢油位置與海氣象測站地理位置圖

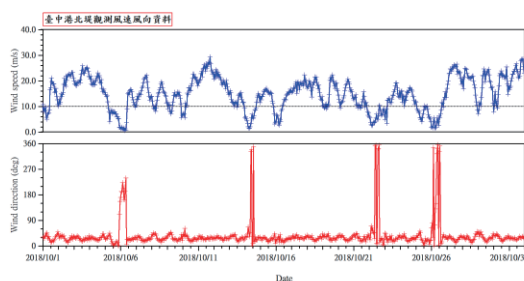


圖 3 臺中港北堤風測站 2018 年 10 月的實測風速及風向時序列圖

表 1 2018 年 10 月臺中港不明溢洩油事件之情境模擬參數設定

名稱	參數設定
溢洩位置	Latitude: 24° 17' 12.6" N Longitude: 120° 31' 33.2" E
初始溢洩時間	2018/10/19 08:30
溢洩油品	燃料油
總溢油量	30 公秉 (情境假設)
溢洩方式	持續溢洩 1 小時
風場	臺中港北堤燈塔風測站
流場	SCHISM
模擬時間	12 小時

四、情境模擬溢洩油結果

為得到高解析度及精確的預測海流流場，本文以非結構性三角形網格建置 SCHISM 模式高解析度的臺中港海域計算網格系統(圖 4)，提供 GNOME 模式的海流流場之輸入條件。由圖 4 得知有限元素非結構性三角形網格系統可精確的描述複雜彎曲的海岸線，亦有助於描述海岸地區海流的變化趨勢。

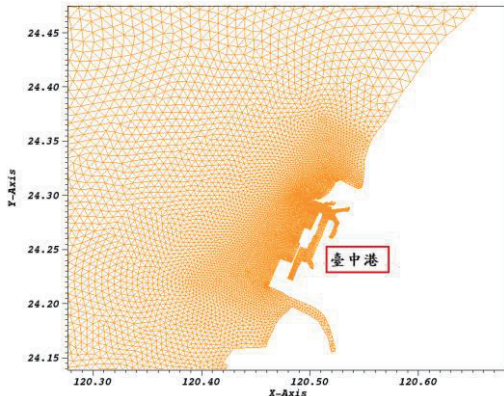


圖 4 SCHISM 模式臺中港海域計算網格系統

在 SCHISM 模式預測海流部份，本文收集港研中心 2018 年 10 月在臺中港潮位站(如圖 2 中標示港研中心潮位測站之位置)實測的水位紀錄資料，與 SCHISM 預測水位進行比對及驗證。圖 5 為 2018 年 10 月臺中港潮位站實測與 SCHISM 預測水位之比對，圖中藍色實線為臺中港潮位站實測水位資料，紅色點線為 SCHISM 模式預測水位資料，由比對結果可知，實測水位與預測水位的變化趨勢非常一致。經由臺中港潮位站實測與預測水位的比對結果，可驗證 SCHISM 預測水位的精度，此結果也表示 SCHISM 預測海流的可信度。

圖 6 為顯示 SCHISM 預測 2018 年 10 月臺中港海域海流於退潮期間流場變化的趨勢，圖中左上角的色階顯示海水位漲退的變化，左下角的色階為顯示海流流速的大小，圖中箭矢方向表示海流的流流向。由圖中結果顯示臺中港海域在退潮期間，海流流向是由東北往西南方向流動，往外海側海流約平行海岸線的方向流動；但靠近臺中港近岸海域，海流受到臺中港地形影響會產生環流(circulation) 的效應。

圖 7 為顯示 SCHISM 預測 2018 年 10 月臺中港

海域海流於漲潮期間流場變化的趨勢，圖中顯示臺中港海域在漲潮期間，海流流向是由西南往東北方向流動，往外海側海流約平行海岸線的方向流動，靠近臺中港近岸海域，海流受到臺中港地形影響也會產生環流(circulation) 的效應。由圖 6 與圖 7 的結果皆顯示 SCHISM 模式建置的高解析度網格系統可描述海流受到地形影響的變化趨勢，有助於提昇油污模式預測油污擴散範圍及漂移軌跡的精度。

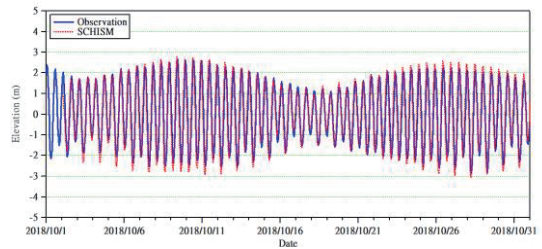


圖 5 2018 年 10 月臺中港潮位站實測與 SCHISM 預測水位之比對

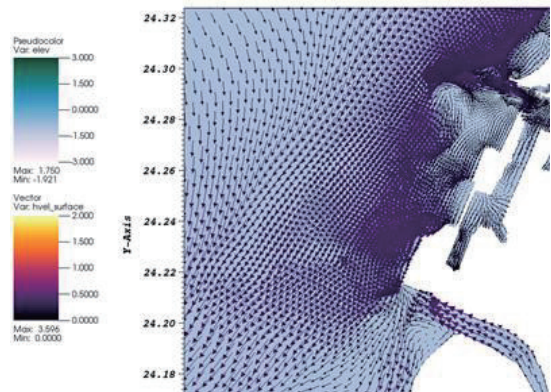


圖 6 SCHISM 預測 2018 年 10 月臺中港海域海流於退潮期間流場變化的趨勢

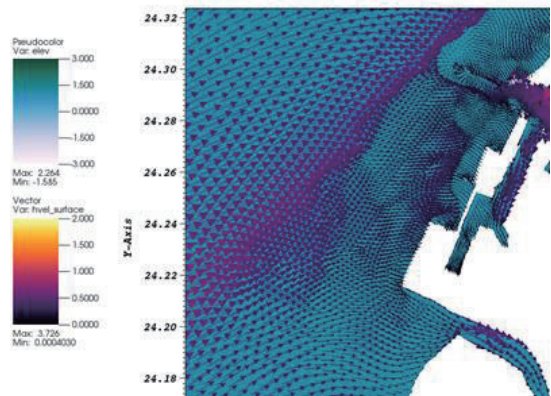


圖 7 SCHISM 預測 2018 年 10 月臺中港海域海流流場變化的趨勢

另外，圖 8 為 2018 年 10 月 18 至 20 日臺中港潮位站實測與 SCHISM 預測水位時序列圖，圖中藍色的實線與點線皆表示為實測的水位，紅色的點線則表示為 SCHISM 預測水位，參照表 1 中溢洩油事件初始溢洩油時間是在 10 月 19 日 08 時，由圖 8 中結果顯示，此時潮汐是在退潮期間，海流是往臺中港外的方向流動。

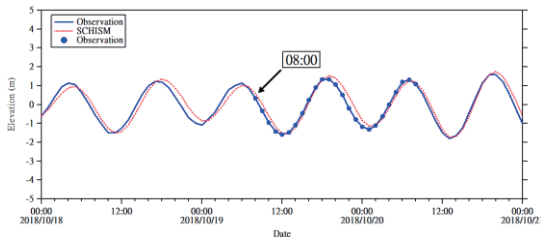


圖 8 2018 年 10 月 18-20 日臺中港潮位站實測與 SCHISM 預測水位時序列圖

將 SCHISM 模式預測的海流與臺中港北堤實測的風速風向輸入至 GNOME 模式，並依據表 1 的模擬參數，進行預測 2018 年 10 月臺中港不明油污事件，情境設定溢洩燃料油 30 公秉，應用 GNOME 模式預測溢洩油發生 12 小時後，探討油污漂移軌跡與擴散範圍對臺中港的影響。

圖 9 為情境模擬臺中港北二碼頭發生燃料油溢洩 3 小時後(2018/10/19 11:30)的結果，圖中紅色十字表示黏附在臺中港內堤防的油污，綠色圓點則表示漂浮在臺中港內海域上的油污，由圖 3 的風速風向資料顯示，此時風向是東北風，且風速大於 10.0 m/sec，油污染漂移的方向主要會受被風主導，因此油污往西南方向漂移。圖 10 為情境模擬溢洩 5 小時後(2018/10/19 13:30)的結果，此時風向仍以東北風為主，油污染持續往臺中港內西南方向漂移及擴散，由圖中結果顯示油污染已漂移及黏附在臺中港西碼頭，油污染並未往港外漂移及擴散，此結果與電子媒體報導的內容相符。圖 11 為情境模擬溢洩 12 小時後(2018/10/19 20:30)的結果，此時風向仍以東北風為主，油污染持續往臺中港內西南方向漂移及擴散，油污染仍未往港外漂移及擴散。



圖 9 2018 年 10 月 19 日臺中港不明油污事件發生燃料油溢洩 3 小時後情境模擬結果



圖 10 2018 年 10 月 19 日臺中港不明油污事件發生燃料油溢洩 5 小時後情境模擬結果



圖 11 2018 年 10 月 19 日臺中港不明油污事件發生燃料油溢洩 12 小時後情境模擬結果

綜合上述結果顯示，油污染開始溢洩時適逢退潮期間，油污染雖受到退潮時海流影響往港外方向漂移及擴散，但此期間的風速大於 10m/s，且風向為東北風，所以油污染主要受到風的主導往臺中港內西南方向漂移及擴散。最後在模擬溢洩油 12 小時後結果顯示，油污染僅在臺中港內漂移及擴散，且油污染對臺中港內影響的地點與時間皆與電子媒體報導的相符。油污染事件發生時，臺中港務公司與臺中市環保局也迅速進行緊急應變之處置，在 10 月 19 日傍晚油污染即受到控制，因此油污染事件並未漂移至臺中港外對高美濕地造成影響。

五、討論與建議

本文針對 2018 年 10 月 19 日於臺中港發生的不明油污污染事件，依據收集與油污污染相關資訊，應用 SCHISM 與 GNOME 模式，進行探討油污污染在臺中港海域漂移軌跡及擴散範圍。由情境模擬結果顯示油污污染僅影響臺中港內海域，並未漂移及擴散至港外，此結果與收集之資訊相符。另外，由 SCHISM 模式預測的海流與臺中港北堤風測站實測的風資料

來看，油污污染漂移軌跡與擴散範圍亦符合當時海氣象之變化情況。

綜合上述結果，SCHISM 與 GNOME 模式結合，可應用在臺中港海域油污污染漂移軌跡與擴散範圍之模擬，模擬結果亦能提供政府機關及相關單位在油污緊急應變處置與油污清除能量配置之重要參考依據，亦能提供臺中港務公司未來在持續推動綠色港及生態港之參考，可針對各季節建立更完整油污污染緊急應變計畫，降低油污污染事件對海洋環境生態之影響。

參考文獻

1. 邱永芳、陸曉筠、李忠潘、陳陽益、薛憲文、吳濟華(2011)臺灣綠色港埠之發展，*綠色港埠建置研討會*，第 1-1-1-21 頁。
2. 邱啓敏、莊士賢、黃清哲、黃瓊珠、楊家敦、王紹培、張凱傑(2019)應用 SCHISM 及 GNOME 情境模擬高雄外海油污污染擴散，*第 41 屆海洋工程研討會論文集*，第 602-607 頁。
3. Beegle-Krause, C. J. (2001) General NOAA oil modelling environment (GNOME): A new spill trajectory model, in *Proceedings of the 2001 International Oil Spill Conference*, 2, 865-871.
4. Chiu, C. M., Huang, C. J., Wu, L. C., Zhang, Y. J., Chuang, L. Z. H., Fan, Y. M., & Yu, H. C. (2018) Forecasting of oil-spill trajectories by using SCHISM and X-band radar. *Marine pollution bulletin*, 137, 566-581.
5. SCHISM development team s(2018) *SCHISM v5.6 Manual*. Virginia Institute of Marine Science.
6. Zhang, Y., Ateljevich, E., Yu, H.C., Wu, C.H., and Yu, J.C.S. (2015). A new vertical coordinate system for a 3D unstructured-grid model. *Ocean Modelling*, 85, 16-31.